

Innovative Fahrzeugkomponenten auf Basis thermochemischer Systeme

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Institut für Technische Thermodynamik

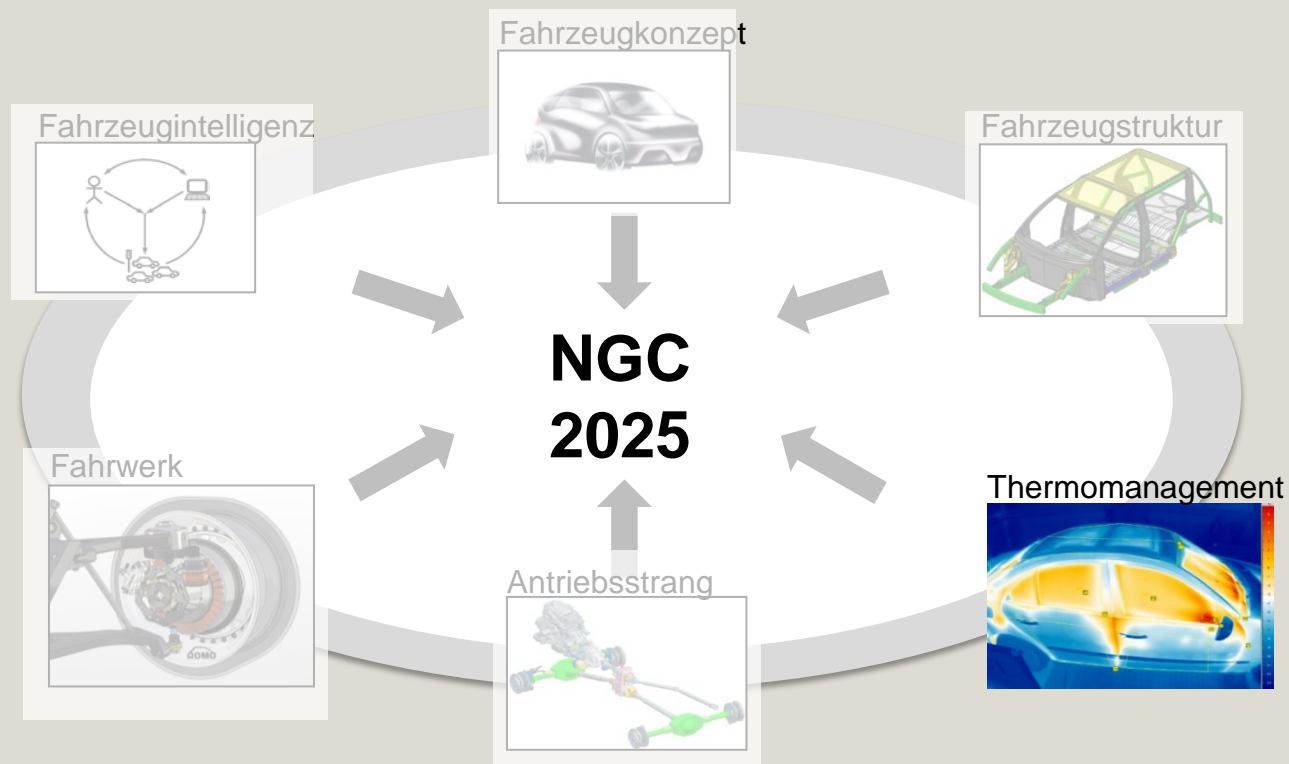
31.3.14, Nürtingen

Mila Dieterich, Marc Linder

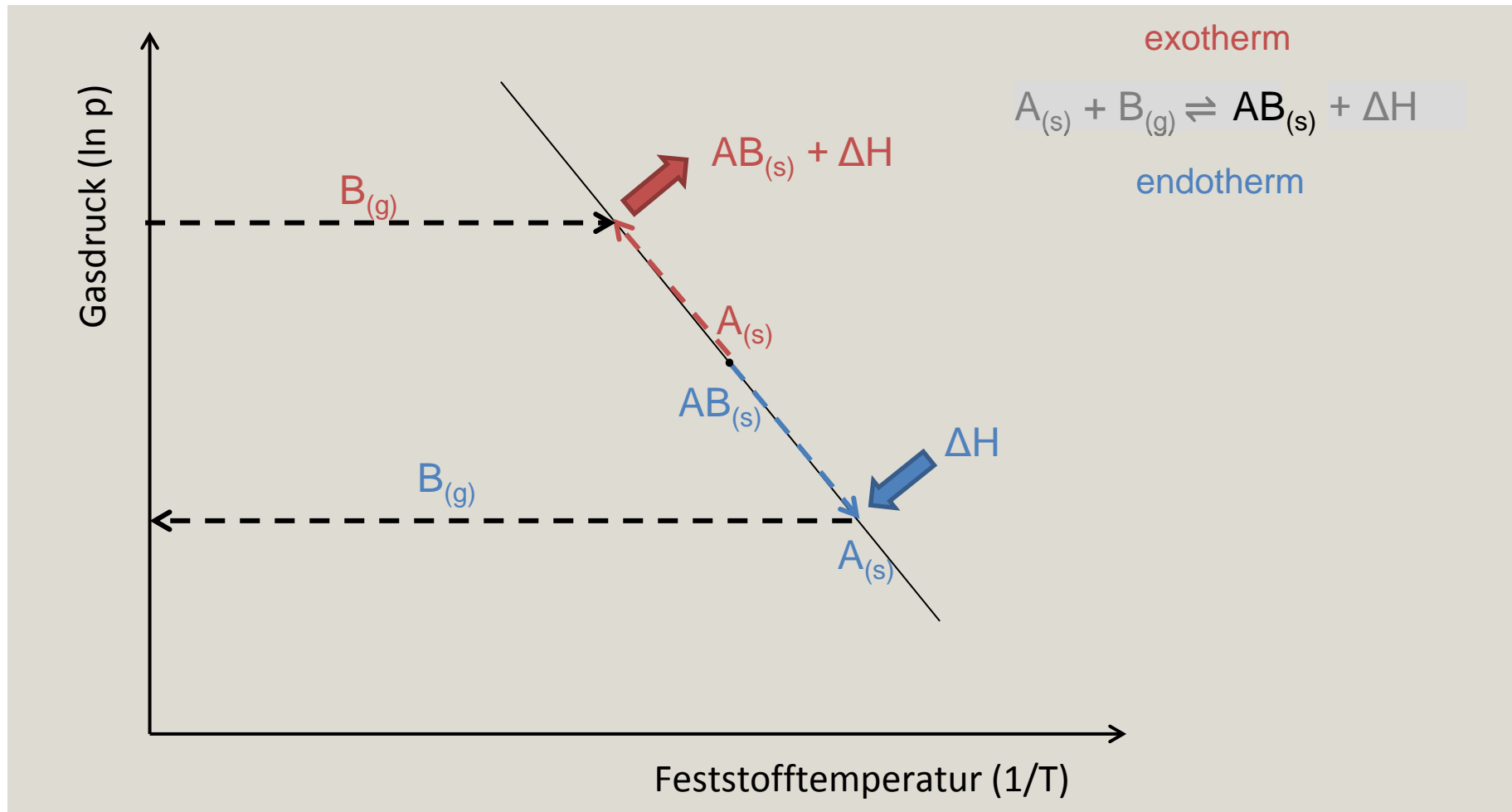


Wissen für Morgen

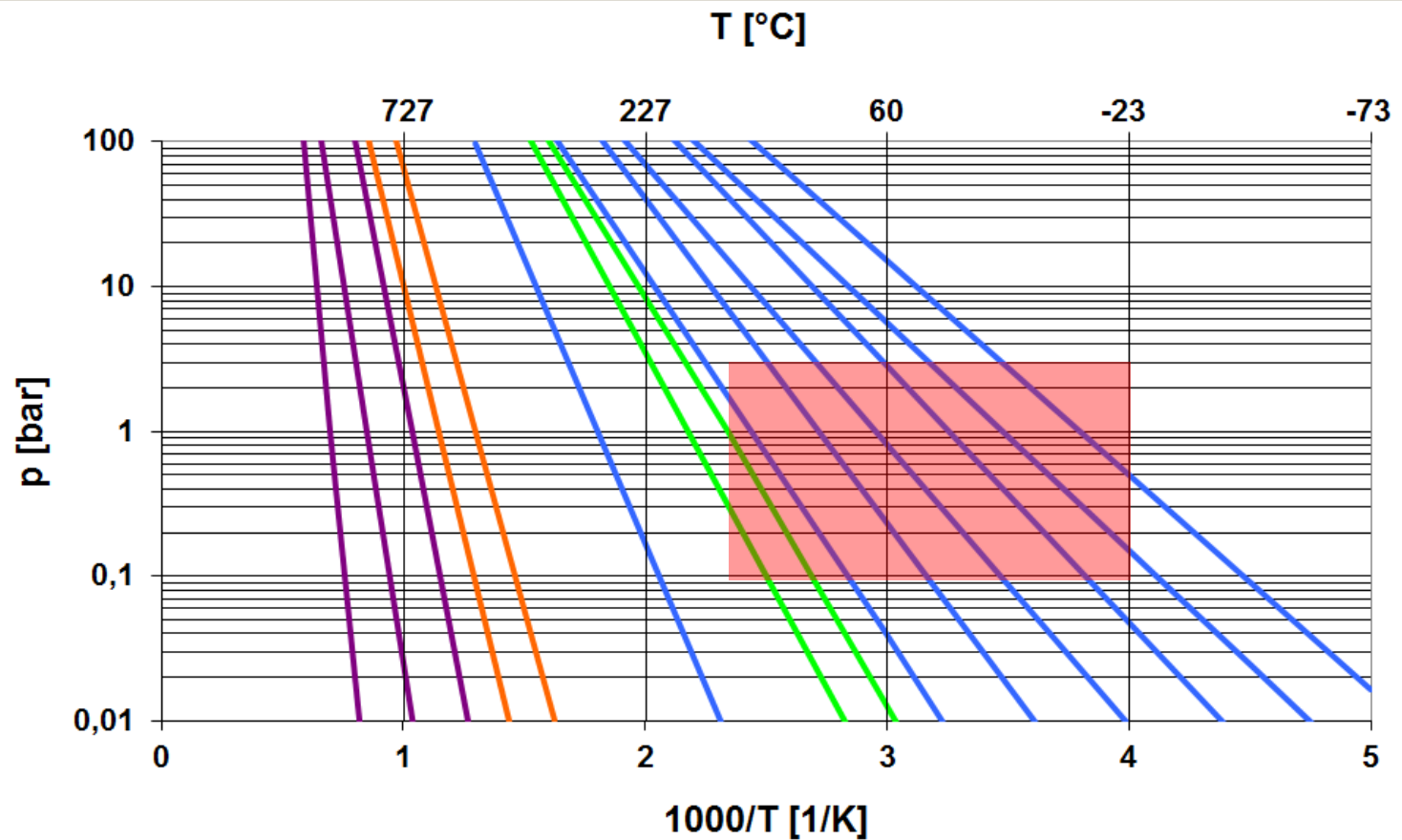
NEXT GENERATION CAR



PRINZIP DER THERMOCHEMISCHEN WÄRMESPEICHERUNG



REAKTIONSSYSTEME



SPEZIFISCHE EIGENSCHAFTEN

Hohe Leistungsdichte auch bei winterlichen Temperaturen

Verlustfreie Speicherung und **schaltbare Wärmefreisetzung**
durch Trennung der Reaktionspartner

Möglichkeit der **Kälteerzeugung**

Nutzung von **Abwärme oder Druckdifferenzen**
ermöglicht Aktivierung bisher ungenutzter Potentiale

1. BEISPIEL: VORHEIZUNG IN KONVENTIONELLEN FAHRZEUGEN

Während der Fahrt – Heißbetrieb

Abwärme = verfügbare Wärme

Zu Beginn der Fahrt – Kaltstartphase

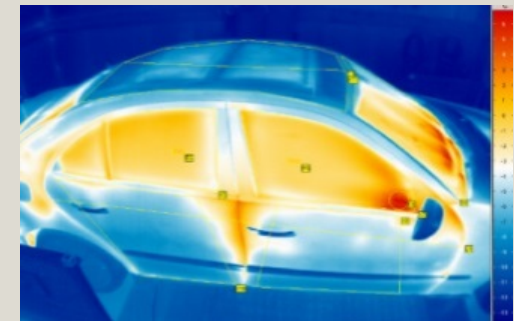
→ keine verfügbare Wärme

System arbeitet nicht im Optimalbereich,
daher bspw.

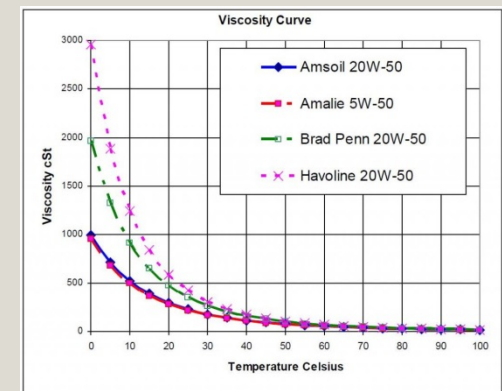
→ Emissionen

→ Verschleiß

→ Überbrückung mithilfe
thermochemischer Speicher

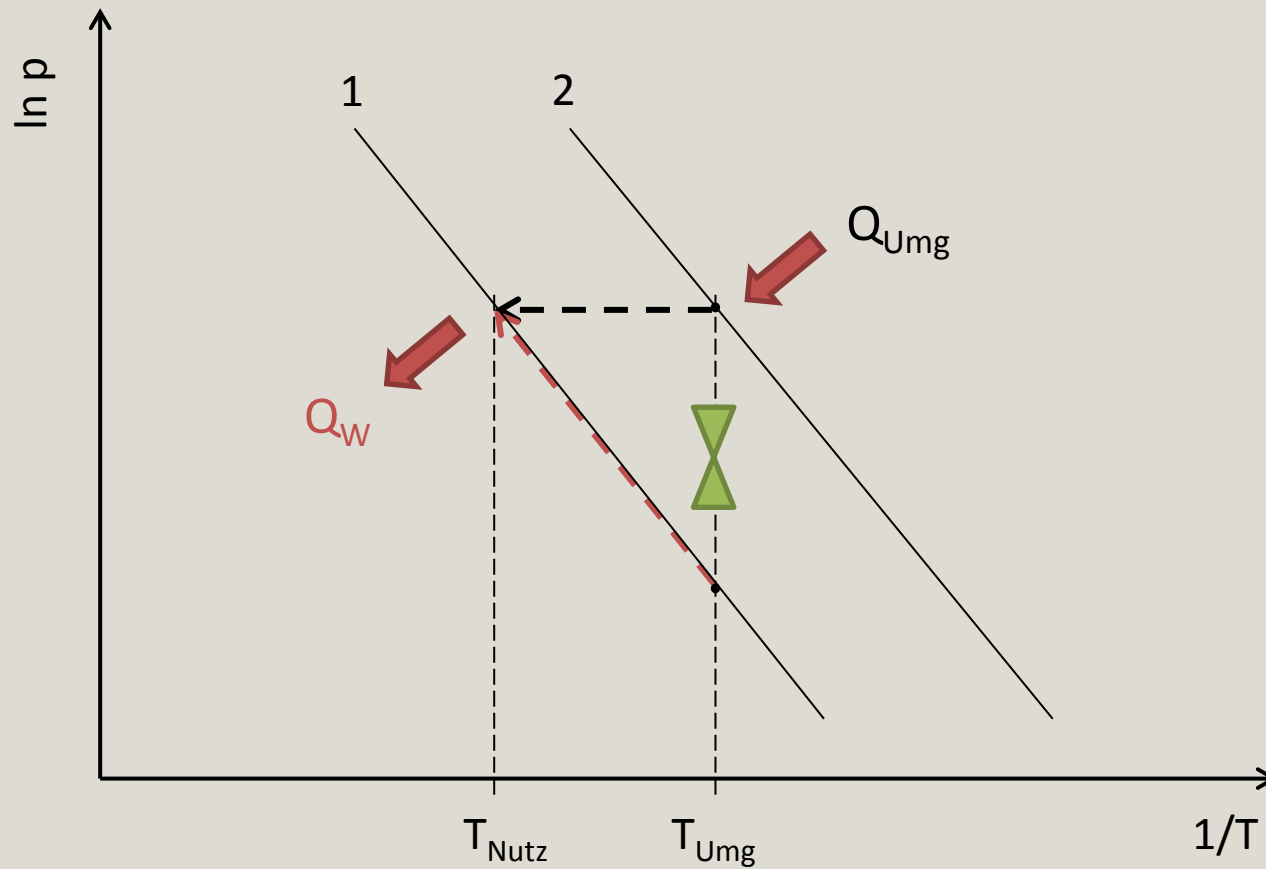


Quelle DLR

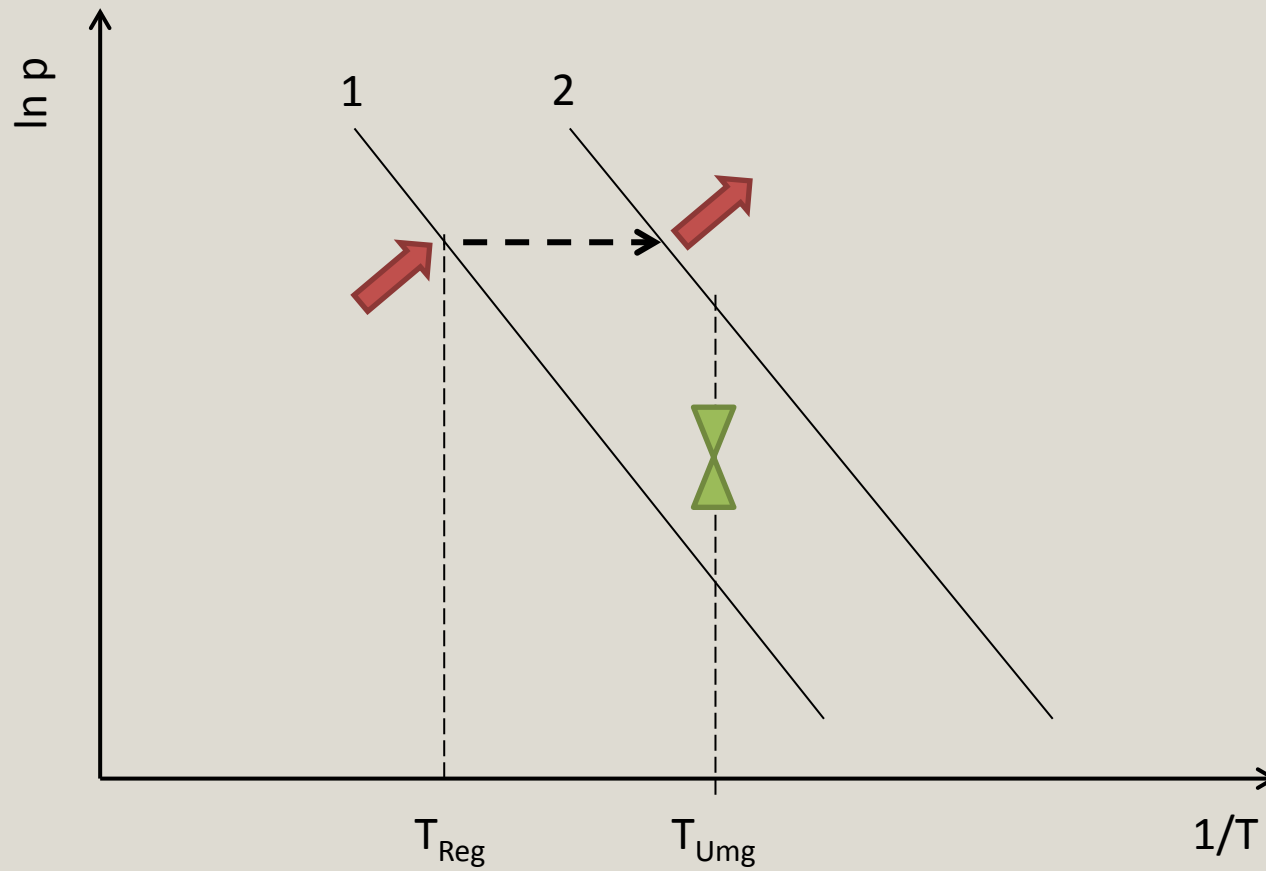


Quelle g-homeserver.com

FUNKTIONSWEISE – WÄRMEERZEUGUNG



FUNKTIONSWEISE – REGENERATION



AKTUELLER STAND AM BEISPIEL DER MOTORÖLVORWÄRMUNG

Nutzbare Wärme $T_{\text{Reg}} = 120^{\circ}\text{C}$

Wärmefreisetzung

Temperaturhub von über **40K**

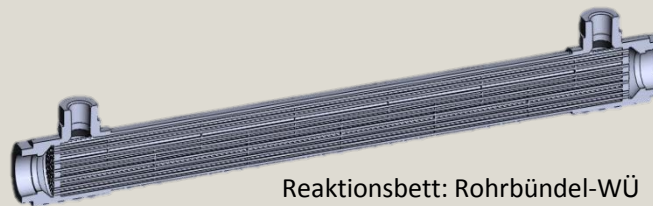
Freisetzung in **wenigen Sekunden**

Temperaturbereich **-20 ... 120°C**

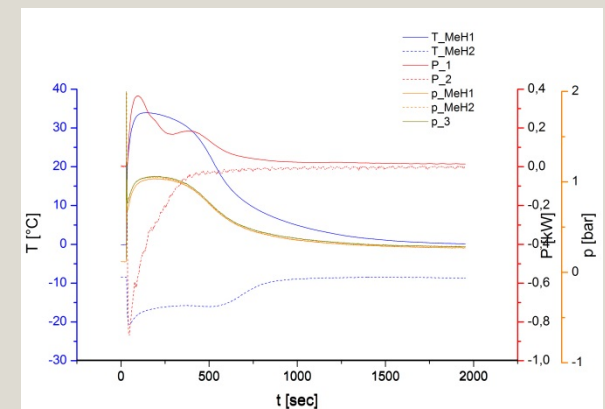
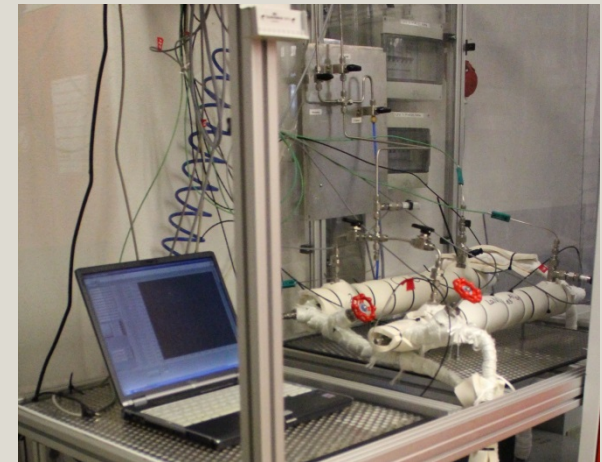
Leistungsdichte

2kW / kg_MeH

8kW / l_MeH



Reaktionsbett: Rohrbündel-WÜ



Quelle DLR

2. BEISPIEL: SCHALTBARER WÄRMEÜBERTRAGER

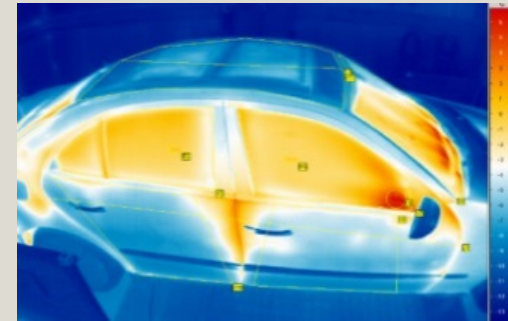
Während der Fahrt

Abwärme = verfügbare Wärme

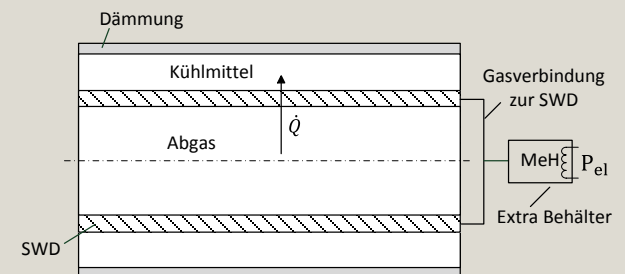
Jedoch

Nicht immer gleicher Bedarf

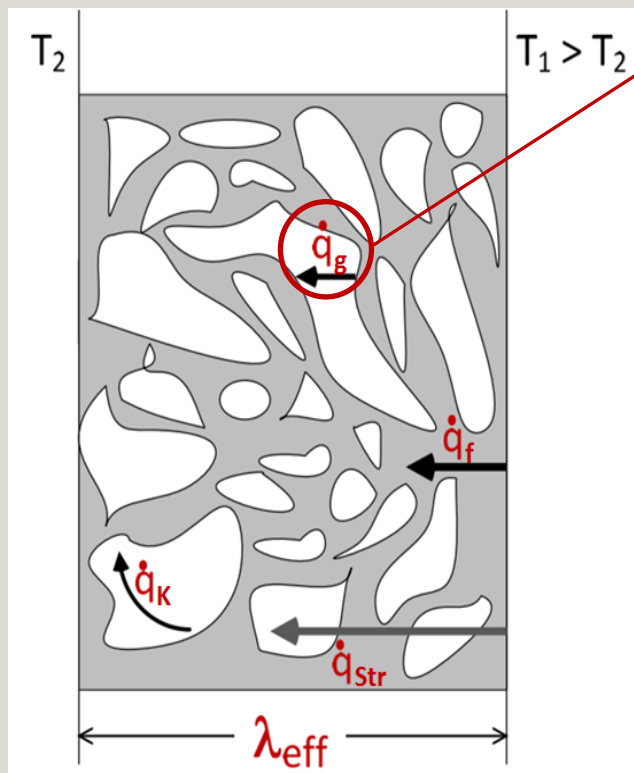
→ **Regelbarer Wärmedurchgang mithilfe thermochemischer Systeme**



Quelle DLR



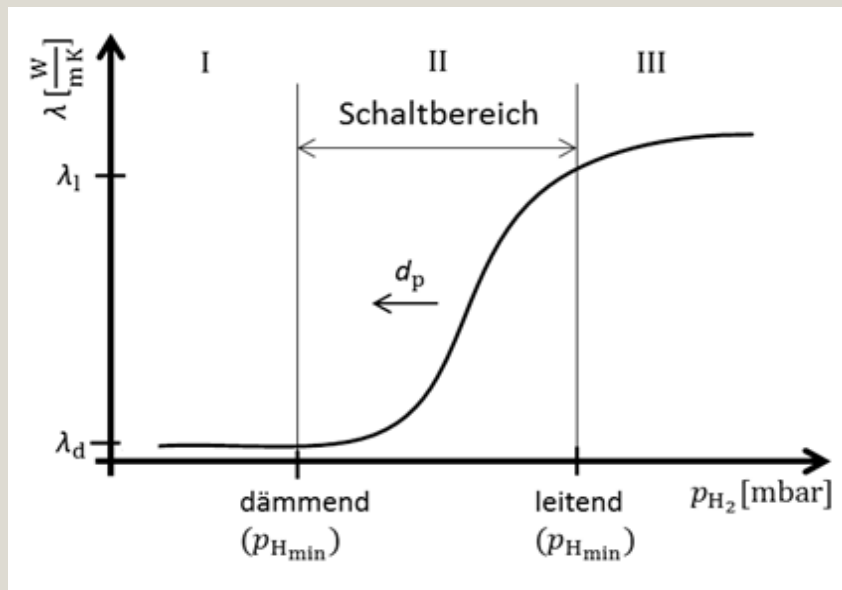
FUNKTIONSWEISE – SCHALTBARER WÄRMEÜBERTRAGER



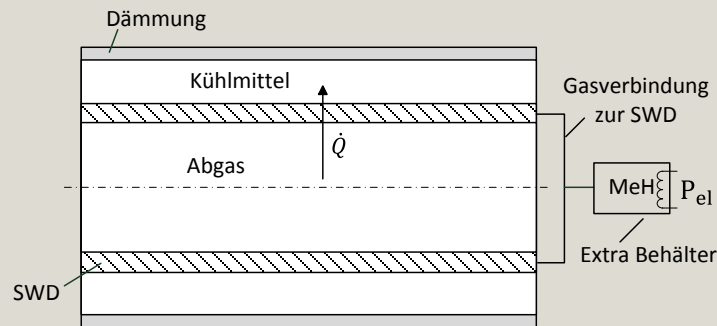
Quelle: Investigation of Knudsen Effect, K. Raed

Abhängig vom Gasdruck

Theorie $\lambda_D : \lambda_L = \text{Faktor } 50$



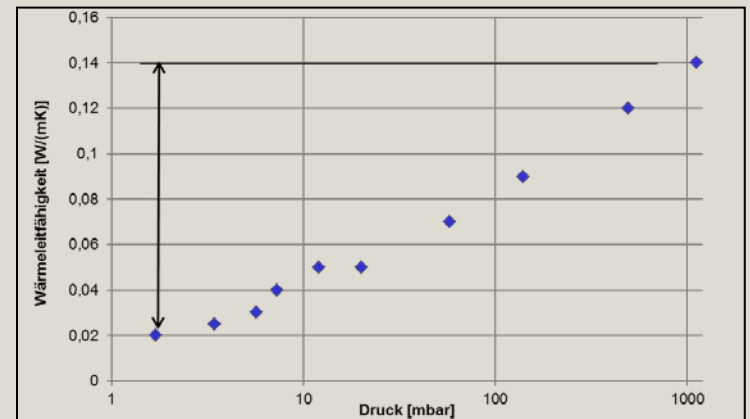
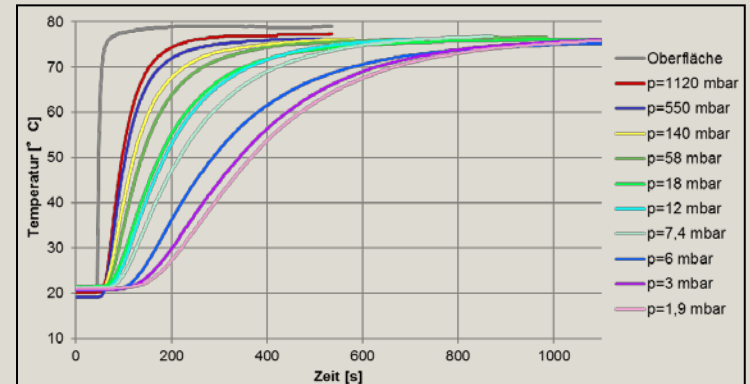
AKTUELLER STAND AM BEISPIEL EINES ABGASWÄRMEÜBERTRAGERS



Dämmbetrieb: $\lambda_D = 0,02 \frac{W}{mK}$

Leitbetrieb: $\lambda_L = 0,14 \frac{W}{mK}$

Für Perlit nachgewiesen



Weckerle, Schaltbarer Wärmeübertrager auf Metallhydridbasis zur Wärmerückgewinnung eines Verbrennungsmotors. Diplomarbeit. 2014

3. BEISPIEL: KÄLTE AUS ABWÄRME

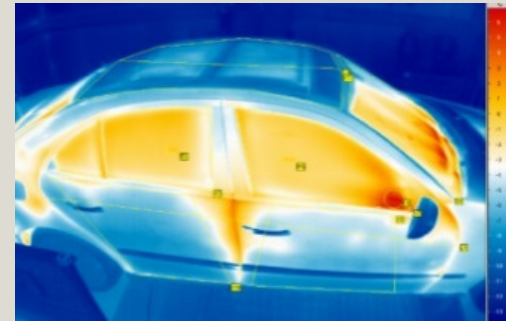
Während der Fahrt

Abwärme = verfügbare Wärme

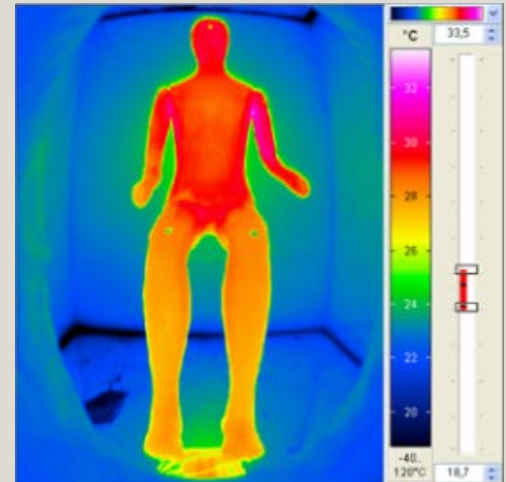
Z.B. im Sommer besteht **Bedarf an Kälte**

Stand der Technik:
Kompressionsklimaanlage
mit Kraftstoffverbrauch

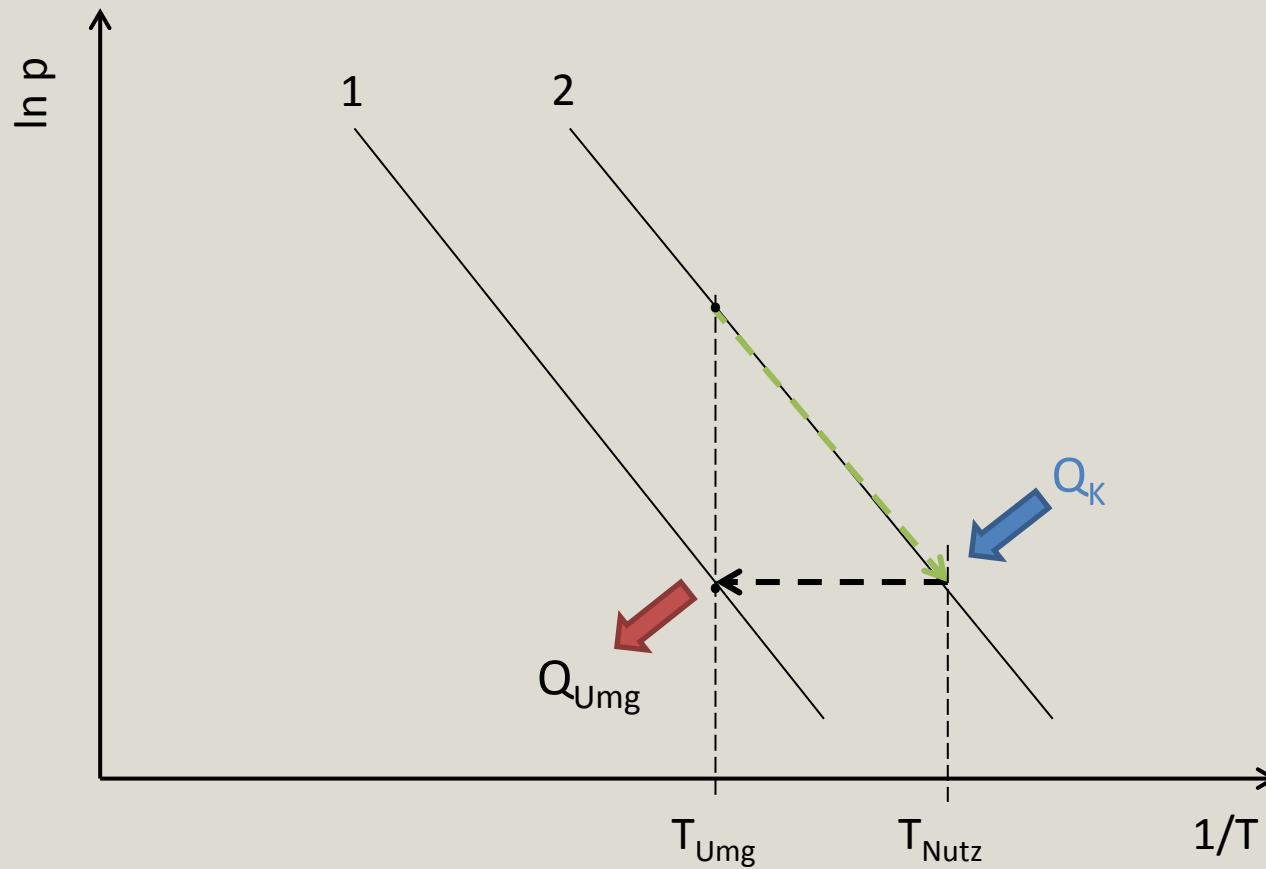
→ Kälteerzeugung aus Abwärme
mithilfe thermochemischer Speicher



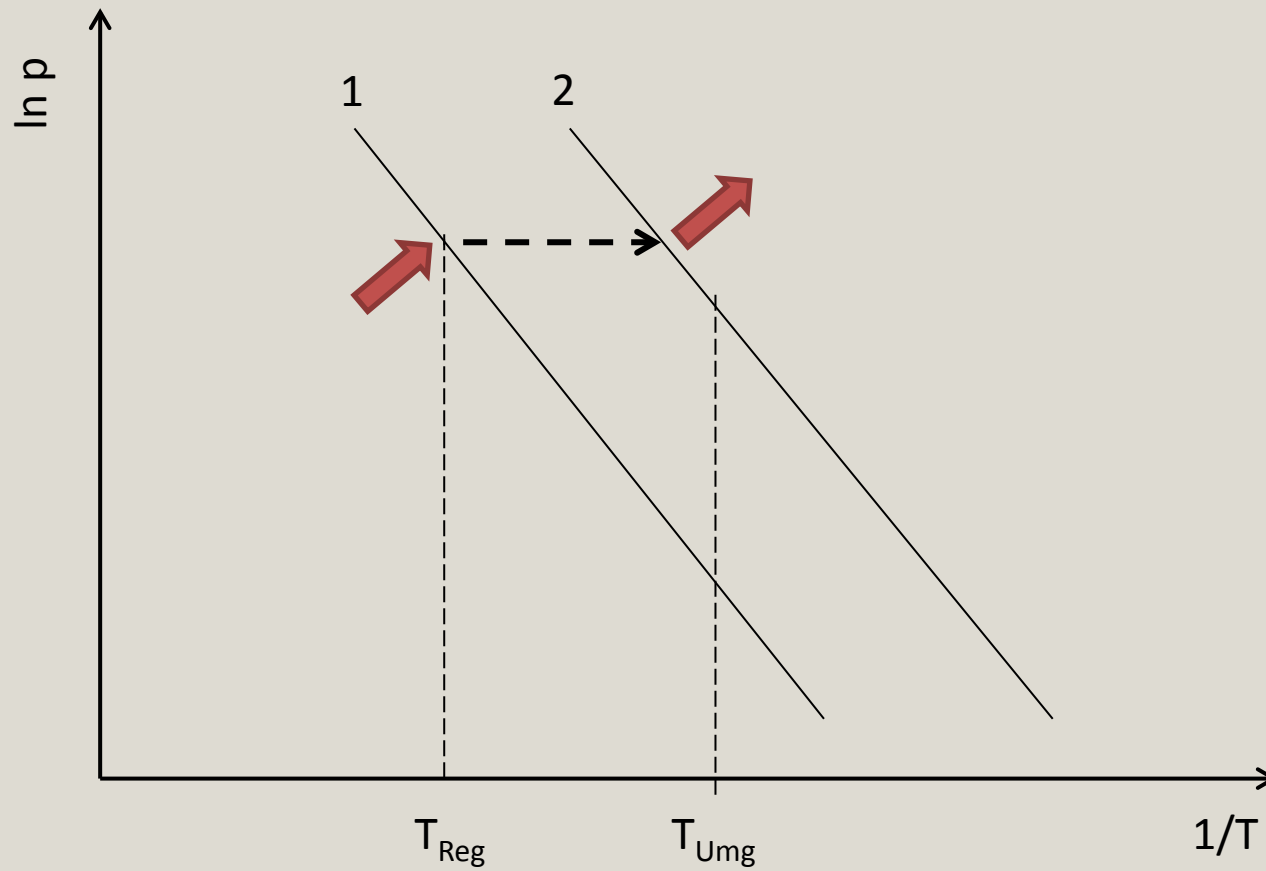
Quelle DLR



FUNKTIONSWEISE – KÄLTEERZEUGUNG GESCHLOSSEN



FUNKTIONSWEISE – REGENERATION

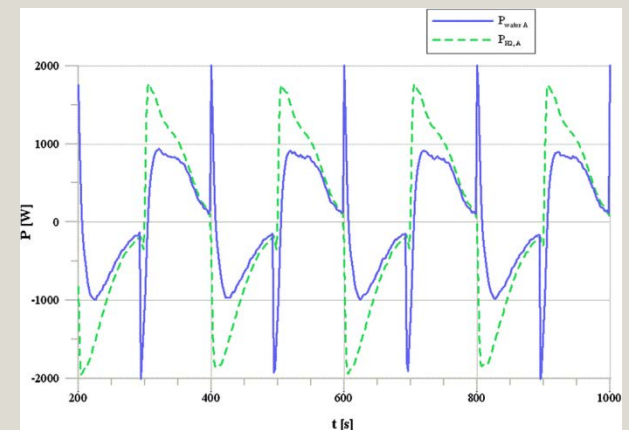
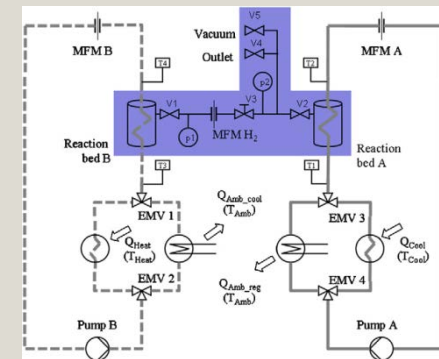


AKTUELLER STAND AM BEISPIEL DER KABINENKLIMATISIERUNG

Nutzbare Wärme $T_{\text{Reg}} = 130^{\circ}\text{C}$

Kühlleistung: ~ 500 – 1000 W
(Kühltemperatur 10 - 20°C)

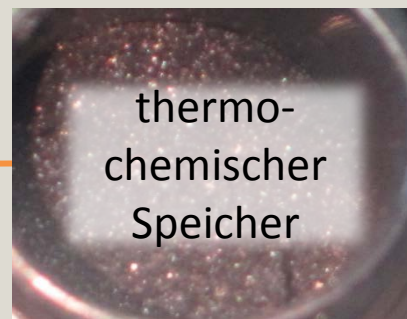
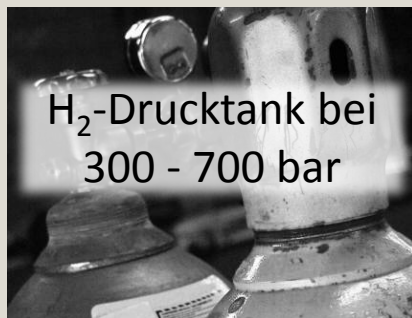
- Thermischer Kompressor
- Quasikontinuierliches System
mit alternierenden Reaktorpaaren
- kein zusätzliches Kältemittel notwendig



Linder et al., (2010). Experimental results of a compact thermally driven cooling system based on metal hydrides. Int. J. Hydrogen Energy, 2010

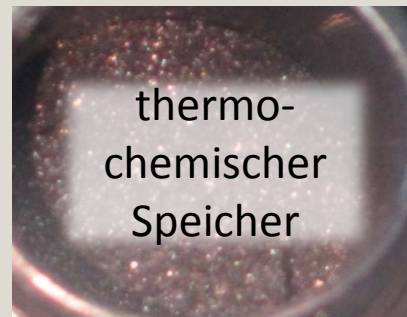
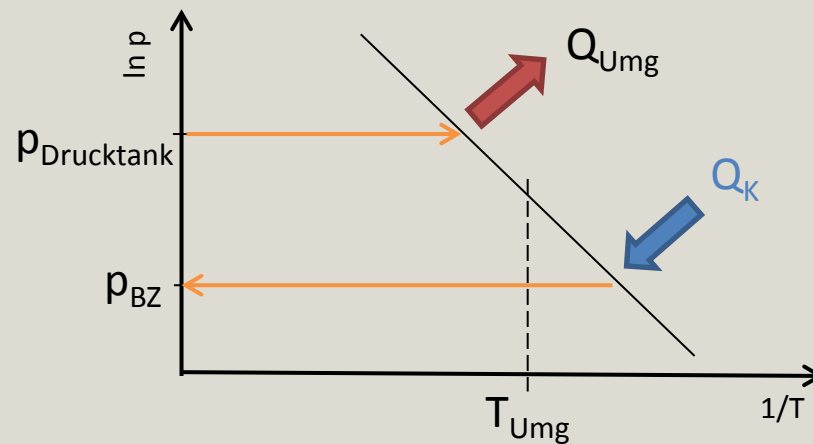
EXKURS: KÄLTE AUS DRUCKDIFFERENZ

Brennstoffzellen-Fahrzeug

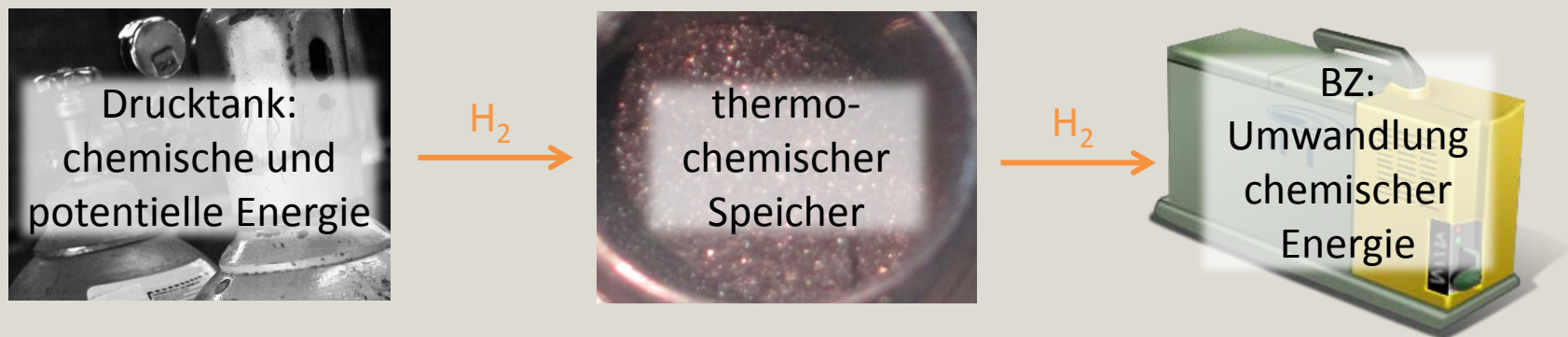


→ Potentielle Energie mit
thermochemischen System nutzbar

FUNKTIONSWEISE – KÄLTEERZEUGUNG OFFEN

 H_2  H_2 

FUNKTIONSWEISE – KÄLTEERZEUGUNG OFFEN



- Kühleffekt nur durch potentielle Energie des Wasserstoffdrucktanks
- Kein zusätzlicher Energieverbrauch durch Klimatisierung
 - Kein zusätzliches Kältemittel notwendig

AKTUELLER STAND AM BEISPIEL EINER OFFENEN KLIMAANLAGE

Zwei alternierende Reaktoren
(Kühlung und Regeneration)

Regeneration: ca. 50 bar

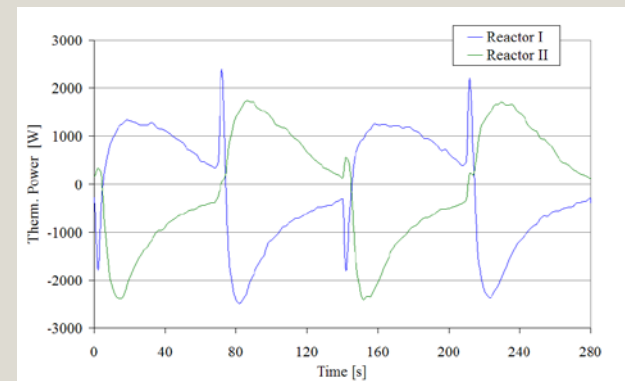
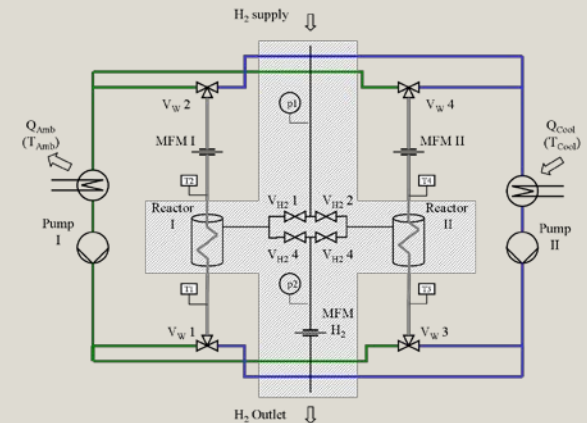
Kühlung: ca. 8 bar

Kühlleistung: ~ **900 W**
(Kühltemperatur < 12°C)

→ Kühlsystem mit 2 kW Kühlleistung

Gesamtgewicht: 12,5 kg

Gesamtvolumen: 3l



Linder et al., An energy-efficient air-conditioning system for hydrogen driven cars, Int. J. Hydrogen Energy, 2011

ZUSAMMENFASSUNG

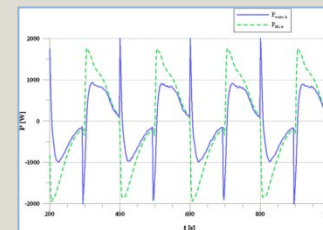
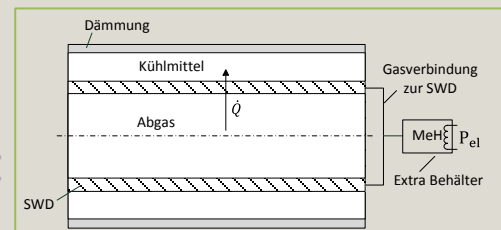
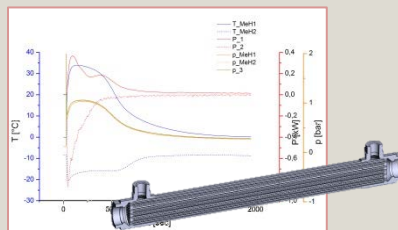
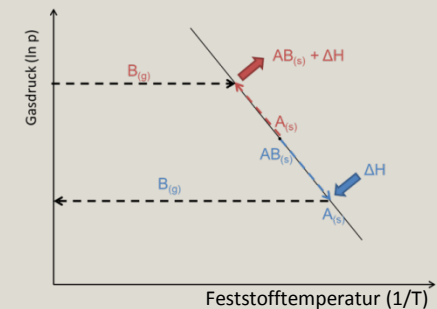
Thermochemische Systeme: Gas-Feststoff-Reaktion

Abwärmennutzung für **Kaltstart mit hoher Leistung**

Wechselnder Wärmeleitbedarf mittels **regelbarem Wärmedurchgang**

Abwärmennutzung zur **Kälteerzeugung mittels thermischer Kompression**

Potentielle Energie nutzen zur **Kälteerzeugung mittels Metallhydriden**



VIELEN DANK!

Mila Dieterich
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Technische Thermodynamik

mila.dieterich@dlr.de

